

An Investigation on the Use of Borax Mineral as Portland Cement Replacement Material

H. Koyuncu, R. Bakış, L. T. Taşpolat, G. Yılmaz,
Anadolu University, Faculty of Art and Engineering, Department of Civil Engineering, Eskişehir

M. Karacasu
Osmangazi University, Faculty of Art and Engineering, Department of Civil Engineering, Eskişehir

ABSTRACT: In this study, the effects of borax pentahydrate minerals as a replacement material on properties of ordinary Portland cement (OPC) mixtures were investigated. Experimental studies were carried out on the physical and chemical properties such as setting time, specific gravity, chemical compositions, compressive strength and bending strength tests of OPC and borax mixtures. In addition, the experimental test results obtained from these mixtures were compared with the control mix for OPC 42,5 R. Experimental results showed that borax mineral can be used as replacement material up to 10% of OPC in the concrete mixes.

1. INTRODUCTION

In recent years, utilization of various types of waste materials such as coal fly ash (FA), tincal ore wastes, coal bottom ash (BA), municipal solid waste, silica fume, and others for their use in the production of cement and concrete has been the subject of several investigations (Kula et al., 2002; Maiko and Pistilli, 1984; Wei et al., 1994; Demirbaş and Karlioglu, 1995; Conceand et al., 1981; Toutanji and Bayasi, 1999). In addition, many important raw materials have been used in concrete production. However, most of these raw materials are becoming more expensive. Nevertheless, this has created an increase in the number of researchers interested in waste and raw materials, which one of the research material is boron minerals or compounds are increasingly used in many new areas or in applications. In this study, borax mineral obtained from the Etibor Co. Kirka Borax Mine-Concentrator Plant was used in place of concrete production. This research show that produced concrete with borax mineral subjected to certain physical and mechanical tests to find out the changes with the borax mineral addition.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, borax pentahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) obtained from the Etibor Co. Kirka Borax Mine-Concentrator Plant. The borax was dried at 378 K for 72 hours in oven. Then, the borax was added to cement in ratio of 0%, 10%, 30%, and 50% by weight of the cement, respectively. In the laboratory tests, 350 kg/m^3 of cement, 1173 kg/m^3 of coarse aggregate, 504 kg/m^3 of fine aggregate, and 210 kg/m^3 of tap water were used. Water cement ratio (W/C) was kept as fix value, which was about 0.60. In this process, the borax was mixed with a class of 42,5 R OPC, aggregate, sand and tap water according to the ASTM C305.

Grading curve of OPC and borax mixtures are given in Figure 1. According to this grading curve, four different mixtures (0%, 10%, 30%, and 50%) were prepared in different proportions in order to obtain the well compressive strength concrete. Each slump value of the concrete mixes of fresh concrete was measured for determining of the concrete workability. These values varied from 10 to 70 mm for all samples. It was used the dimensions of the casting mould as a 150x150x150 mm. The concrete samples were prepared for 1, 7, 28, and 56 days for measuring compressive and flexural strength tests.

Three samples were prepared for each of concrete mix with different proportion, thus the average value of these was accepted as a mean compressive and flexural strength value of the samples. All the laboratory tests were performed by the American Society for Testing and Materials (ASTM). The

physical and chemical properties of the borax and OPC were determined in the laboratory of Anadolu University, Eskişehir and the results are shown in Tables 1 and 2, respectively.

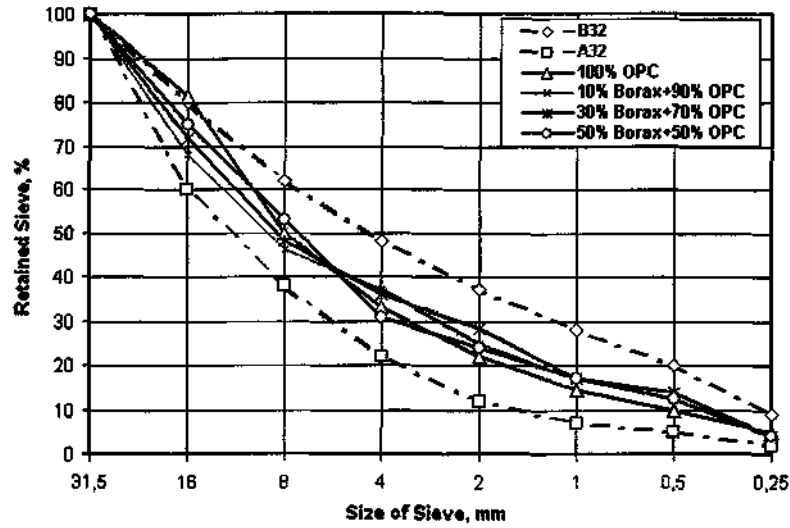


Figure 1. Grading curve of OPC and borax mixtures.

Table 1. Chemical compositions of borax pentahidrat and OPC.

	Borax (%)	OPC (%)
Boron Oxide (B ₂ O ₃)	47.26	-
Silica (SiO ₂)	12.46	21,34
Alumina (Al ₂ O ₃)	3.93	6,29
Iron Oxide (Fe ₂ O ₃)	0.13	4,41
Lime (CaO)	1.12	60,26
Magnesia (MgO)	2.23	2,43
Titania (TiO ₂)	0.01	0,65
Soda (Na ₂ O)	21.85	0,03
Potash (K ₂ O)	0.31	0,56
Sulphates (SO ₃)	0.01	1,87

Table 2. Physical properties of borax pentahidrat and OPC.

	Borax	OPC
Specific gravity	-1.88	3,03
Loss on Ignition (%)	6.13	1,64
CEC (meq/100g)	27.45	19,32
EC (mS/cm)	3.46	4,17
pH	9.46	11,15
Particle Size		
Fine Sand (0.475-0,075)	5	5
Silt (0,075-0,002)	71	61
Clay (less than 0,002)	26	34

3. RESULTS AND DISCUSSION

As a result of the experiments given in Table 1, the chemical composition of borax, the total percent of three oxides ($SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$) were found 16,5%. Also, boron oxide (B_2O_3) was found 47 %. Physical properties of borax are given in Table 2. The specific gravity was found 1.88 g/cm^3 , cation exchange capacity was found 27.45 meq/100g and the remaining of borax on the 2 mm sieves was found 95%.

The compressive strength of the samples was determined at the age of 1, 7, 28 and 56 days, respectively, according to ASTM C109 (Figure 2.). The compressive strength of the cement mixtures is a property that this property directly relates to the structure of the concrete. As it can be seen from Figure 2, the 28 day compressive strength for control sample was 61 MPa. However, experimental results showed that the strength of the samples mixtures age 56 days made with the ratio of 10%, 30%, and 50% borax measured as 43, 35, and 23 MPa, respectively. If Figure 2 examined well, the variation of compressive strength with curing time for borax that the experimental result obtained from the different OPC-Borax combinations made with 0%, 10%, 30%, 50%, respectively, decreases with increasing amount of borax ratio in the mixtures for all of examples ages. It was found that the compressive strength of concrete was decreased when the Borax ratio increased. This is a result of fines and remains of organics materials in borax. So, it can be say that the influence of cement content is more effective in the concrete mixtures.

The flexural strength of the samples was measured at the age of 1, 7, 28 and 56 days (ASTM C348), made with 0%, 4%, 7%, 10%, respectively and shown in Figure 3. When the proportion of borax and OPC mixed in a different ratio, it was seen that the flexural strength value decreases. Figure 3 shows the result of flexural strength how it is changed with the different mix ratio. While the ratio of borax and OPC mixed as 10% Borax+90% OPC, the flexural strength it was decreased from 7 MPa to 5 MPa compared by the control samples (100% OPC). Generally, according to the Figure 3, flexural strength values are increasing with the curing time.

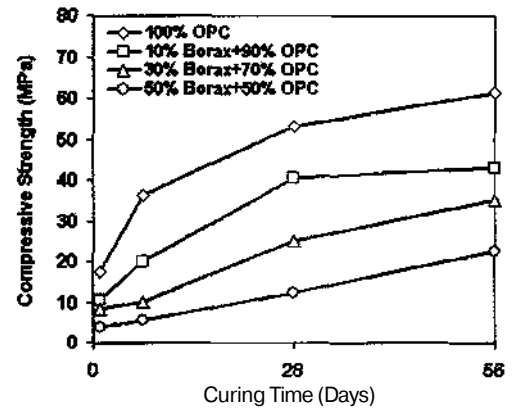


Figure 2. Variation of compressive strength of borax with time.

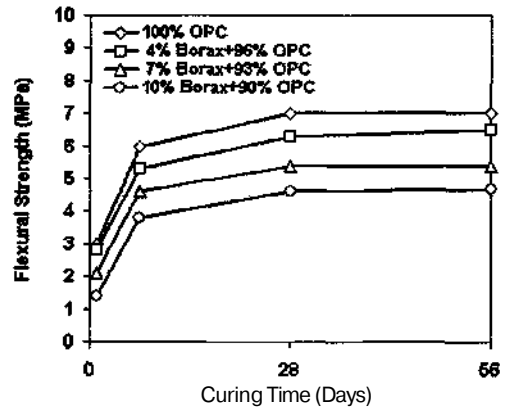


Figure 3. Variation of flexural strength of borax with time.

The setting time is important for concrete mixtures. Initial and the final setting time tests were conducted according to ASTM C191 and the result were shown in Figures 4 and 5 for borax and OPC mixtures. Increasing amount of the borax ratio of by weight, the cement mixtures setting time was currently reduced. When borax ratio is 0%, the initial and the final setting time is 95 and 490 minute, respectively. Also, while borax ratio is increased to 50%, the initial and the final setting time are decreased 46 and 315 minute, respectively.

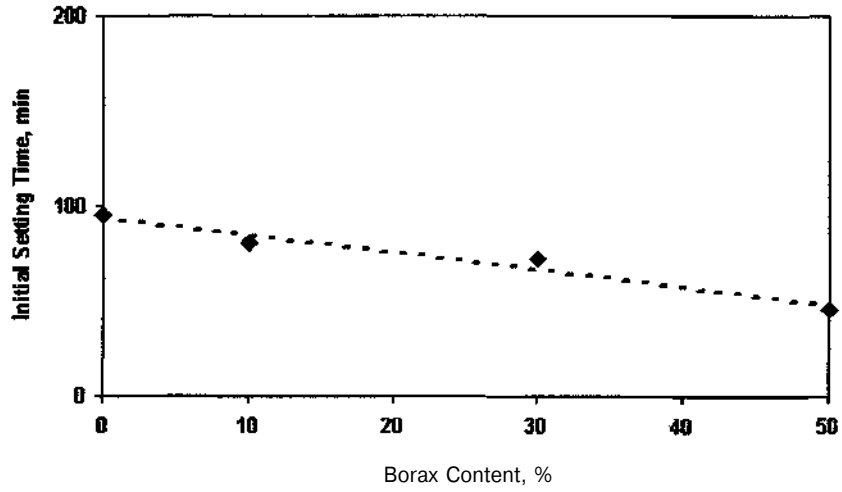


Figure 4. Variation of initial setting time with the borax content.

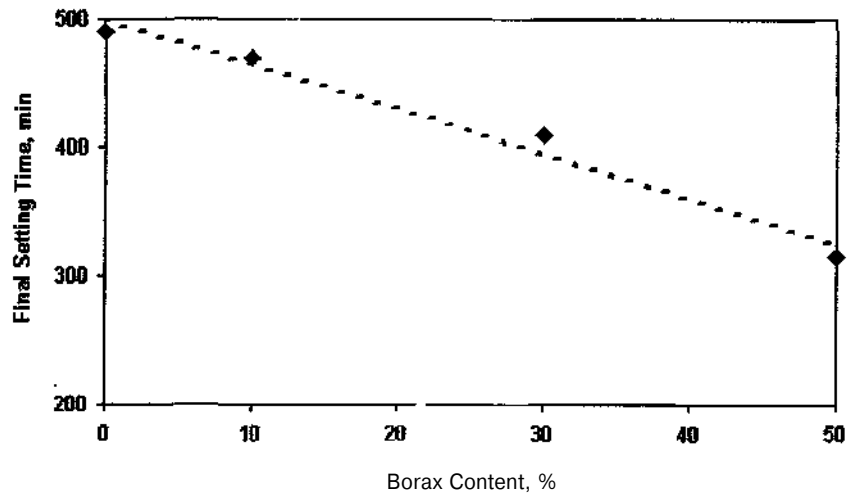


Figure 5. Variation of final setting time with the borax content.

The Figure 6 explains the variation of slump with borax content. Fresh concrete specimen test were carried out to determine workability of the concrete with borax. The results were shown that workability decreased in parallel to an increase in the ratio of borax. The amount of decrease between control samples and mix ratio of 50% of borax was 85%. The reason is that the water absorption ratio of

borax was much higher. Figure 7 shows that the unit weight decreased in concrete mix when borax ratio increased. While the ratio of borax and OPC mixed as 50% Borax+50% OPC, the unit weight it was decreased from 2400 kg/m^3 to 2100 kg/m^3 .

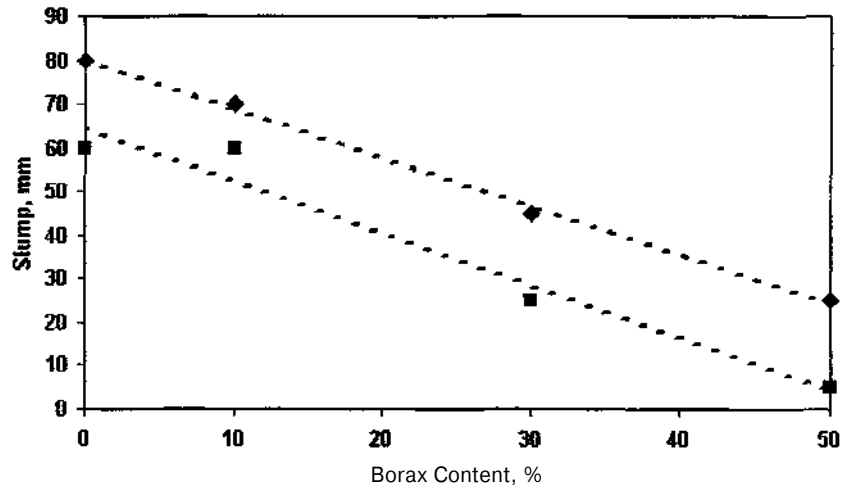


Figure 6. Variation of slump with the borax content.

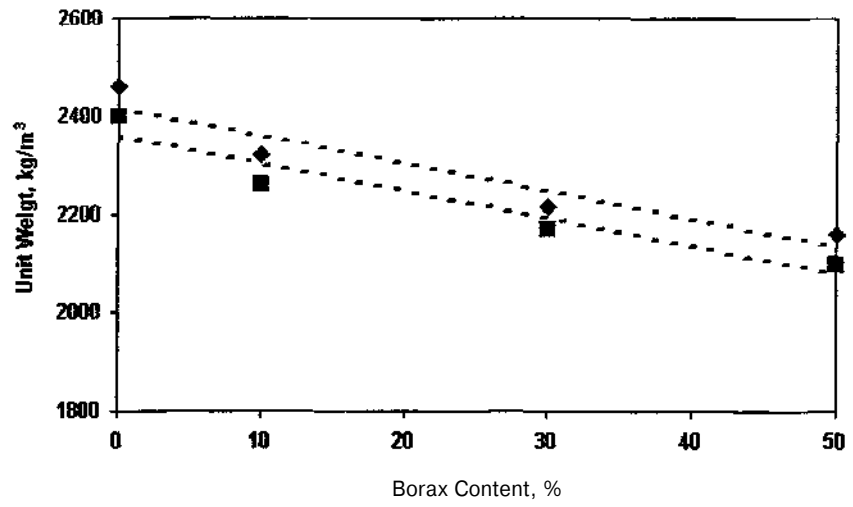


Figure 7. Variation of unit weights with the borax content.

4. CONCLUSION

In this study, borax pentahydrate (Na₂B₄O₇·5H₂O) was used in concrete as replacement materials in a certain ratio instead of OPC. In the concrete specimens, it was observed from the experiments that while the amount of borax ratio increases, the compressive strength, flexural strength, setting time, unit weight, and workability decreased.

The total decreases value of compressive strength between control sample and 10% borax ratio is approximately 39%. On the other hand, the decrease of flexural strength value between control sample and %10 borax ratio is about %33. According to these results, it can be said that the ratio %10 borax is used safely. So, 10% cement replacement materials can be replaced by borax pentahydrate in the concrete mixes are acceptable suitable for different engineering applications.

combustion by-products, Cem. Concr. Aggregates 16,36-42.

REFERENCES

- Conceand, M., George, C.M. and Sorrenrio, F.D., 1981, A new steel slag for cement manufacture: Mineralogy and hydraulicity, Cem. Concr. Res. 11,85-102.
- Demirbaş, A. and Karslioglu, S., 1995, The effect of boric acid sludges containing borogypsum on properties of cement, Cem. Concr. Res. 25, 1381-1395.
- Kula, I., Olgun, A., Sevine and V., Erdoğan, Y., 2002, An investigation on the use of tincal ore waste, fly ash, and coal bottom ash as Portland cement replacement materials, Cement and Concrete Research 32, pp.227-232
- Majko, R.M. and Pistilli, M.F., 1984, Optimizing the amount of class C fly ash in concrete mixture, Cem. Concr. Aggregates 6, pp. 105-109.
- Toutanji, H.A.and Bayasi, Z., 1999, Effect of curing procedures on properties of silica fume concrete, Cem. Concr. Res. 29,497- 501.
- Wei, L., Naik, T.R. and Golden, D.M., 1994, Construction materials made with coal

Emet-Kütahya İçme Sularında Arsenik Düzeyi, Önemi ve Bor Yatakları ile İlişkisi
Arsenic Level in Drinking water, Importance and Relevance to Boron Reserves

N. Oruç

Eskişehir Odunpazarı ve Büyükşehir Belediyesi Meclis Üyesi, 10 F Blok, D:8 Yenikent, 26050 Eskişehir

ÖZET: Yurdumuzda çok önemli Bor yataklarına sahip olan ve yaklaşık 20.000 kişinin yaşadığı Emet ilçe merkezine 1990 yılı başlarında İller Bankasınca getirilen Suçıktı (Mahlı.veMali2.) kaynaklarında ilgili yönetmelikte verilen sınır değerlerin üzerinde arsenik bulunduğu değişik kuruluşlar tarafından yapılan analizlerle ortaya çıkmıştır. Bankaca 1993 yılına kadar yapılan su analizlerinde arsenik bulunmadığı rapor edilirken yine Bankaca 1993-2001 yılları arasında aynı su kaynakları üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre bulunan değerler aşağıda topluca verilmiştir.

Arsenic Derişimi (Mikrogram / L)

Kaynak	Minimum	Maksimum	Ortanca	Sınır Değeri
Mahlı.(n=8)	150	634	448	50 (1984)
Mali2.(n=9)	48	633	384	10 (1997)

Bu değerlerin içme suları için yurdumuzda 1984 ve 1997 yıllarında öngörülen sınır değerlerin çok üstünde olduğu görülmektedir. Bölgenin jeokimyasal yapısı üzerinde yürütülen çok sayıda araştırma sonuçları dikkate alınarak bu su kaynaklarındaki arsenik kirliliğinin su toplama havzasındaki kolemanit bor yataklarında bulunan realgar (AsS) ve orpiment (As₂S₃) gibi arsenikli minerallerle ilgili olduğu varsayılmıştır. Emet kolemanit yatakları arsenikçe zengin olduğu çok evvelinden bilindiği halde araştırmacı ve yatırımcı kuruluşlar arasındaki iletişim noksanlığı nedeniyle 1990 yılı başlarında ilçe merkezine getirilen sağlığa zararlı su tüketimi üç yıl kadar önce olayın basma yansıması sonucu yasaklanmıştır. Emet ilçe ve köylerinde gerekli sağlık taramasının yapılması ve ilçe merkezine ve gerekli görülebilecek diğer yerleşim birimlerine en kısa zamanda sağlıklı su getirilmesi önerilmiştir.

ABSTRACT: The largest colemanite reserves occur around the Emet Town which is located in the midwest of the Anatolia. Two natural spring water sources (Mahlı. and Mali2) were supplied to the town (population of 20 000) about 14 years ago.

Arsenic Levels (microgram / L)

Source	Minimum	Maximum	Median	MCL*
Mahlı.(n=8)	150	634	448	50 (1984)
Mali 2. (n=9)	48	633	384	10 (1997)

*MCL, Maximum contaminated levels

The results of the water analyses, as given above, carried out by the Bank of Provinces, indicated that these two natural water sources contained much higher levels of arsenic than MCL set in Turkey. About seven years ago the MCL was lowered to 10 microgram/L, from the 50 microgram/L, standart established in 1984. Hence, use of these waters was prohibited on Oct. 2001. It was reported in the literature that geochemical examinations of the Emet borate deposits contained As and S bearing minerals such as: realgar (AsS) and

N. Oruç

orpiment (As₂S₀) as scattered nodules in the colemanite formations. And consequently high levels of As in the natural waters was considered to be associated with the dissolution of these minerals occurring in the Emet water catchment area.

1. GİRİŞ

Doğada çok düşük düzeylerde ve yaygın olarak bulunan arsenik doğal ve endüstriyel etkiler sonucu birikerek çevre ve insan sağlığına zararlı olabilecek düzeylere çıkabilir. Arsenik birikimine neden olan doğal olaylar ; volkanizma faaliyetleri ve arsenik içeren kayaların zamanla ayrışması, antropojenik etkiler ise başta bakır, kurşun ve çinko olmak üzere sülfürlü minerallerin çıkartılması ve işlenmesi, arsenik içeren tarımsal mücadele ilaçlarının ve fosil kökenli yakıtların yaygın bir şekilde kullanılmasıdır. Doğada birçok kayaç içerisinde iz elementi olarak bulunan arsenik, realgar, (AsS) orpiment (As₂S₁) ve arsenoprit (FeAsS) gibi sülfürlü minerallerin yapısında yoğun olarak yer alır. Normal dağılım olarak topraklarda 0,1-0,5 mg/kg, bitkilerde 0,1 -1,0 mg/kg kimi hayvan dokularında 0,1-0,5 mg/kg doğal sulara ise 0,2-1,0 mikrogram/L, arsenik bulunmaktadır. Arsenik çözümleri içerisinde Arsenit (As⁺³) ve Arsenat (As⁺³) anyon kompleksleri şeklinde bulunmaktadır. Üç değerlikli arseniğin beş değerlikli arseniğe göre sağlık açısından çok daha toksik olduğu bilinmektedir. Ayrıca içme sularındaki inorganik arsenik bileşiklerinin besinler içerisinde bulunan organik arsenik bileşiklerine göre çok daha zehirli olduğu kabul edilmektedir (Arsenic, 1981). Arsenikçe zengin ortamlarda solunum yoluyla arsenik alımı yanında, arsenik derişimi yüksek içme sularının uzun süreli tüketimi halinde insan sağlığını olumsuz yönde etkilemesi günümüzde küresel boyutta önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı Emet Merkez ilçe Su Kaynaklarında belirlenen yüksek arsenik düzeyi ile yağış havzasındaki kolemanit bor rezervi içerisinde bulunduğu belirtilen arsenik mineralleri arasındaki olası ilişkiyi literatür taraması yaparak ortaya koymak ve konunun önemini araştırmacı ve yatırımcı kuruluşların dikkatine sunmaktır.

1.1. Arsenik ve Sağlık

Arsenik bileşikleri geçmiş yıllarda frengi (syphilis), frengi benzeri (yaws) ve amipli dizanteri (amoebic dysentery) gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Günümüzde de dünya ölçeğinde yılda 75,000 - 100,000 ton dolayında arsenik üretildiği ve bunun yaklaşık %80'inin tarımsal mücadele ilaçlarında, tomruk ilaçlamasında ve veteriner ilaçlarında kullanıldığı bildirilmektedir (Tchounwou ve ark., 2003). Buna karşın arsenik ve bileşiklerine maruz kalan bazı endemik yörelerde toplum sağlığının çok olumsuz yönde etkilendiği belirtilmektedir. Arsenik bileşiklerinin solunum yolu ile alınmasının akciğer kanserine neden olduğu, ilaç, gıda ve özellikle içme suyu yoluyla alınan arseniğin ise başta deri, solunum yolu, karaciğer ve idrar yollarına ilişkin sağlık sorunlarına ve neticede kansere de neden olabileceği, ayrıca şeker hastalığı, kalp-damar ve sinir sistemi hastalıklarına da yol açtığı ileri sürülmektedir (Tchounwou ve ark., 2004). Özellikle Bangladeş, Batı Bengal, Çin, Tayvan ve Arjantin gibi ülkelerin kimi yörelerinde içme suyu olarak tüketilen yer altı sularında 50 mikrogram/L üzerinde arsenik bulunması nedeniyle başta deri lezyonları (keratosis, pigment alterations) olmak üzere çeşitli hastalıkların tespit edildiği çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Mazumder ve ark., 1998; Karim, 2000; Anawar ve ark., 2002; Zhang ve ark., 2002; Faries ve ark., 2003; Yang ve ark., 2003; Saha, 2003; Manzurul ve ark., 2003; Short Course, 2003).

1.2. İçme Sularında Arsenik Düzeyi ve Önemi

Doğal kaynak sularında arsenik içeriği genellikle 10 mikrogram/L'nin altındadır. Ancak arsenikçe zengin minerallerin bulunduğu jeolojik yapılarla temasta olan yer altı sularında arsenik içeriğinin çok yüksek düzeylere çıkabildiği Çizelge 1 de görülmektedir (Nordstrom, 2002).

Çizelge 1. Değişik Ülke veya Bölge Yer altı Sularında Arsenik Kirliliği,

Ülke veya Bölge	Etkilenebilecek İnsan Sayısı	Derişim Mikrogram/L	Çevre Şartları
Bangladeş	30,000,000	< 1- 2500	Doğal; alluvial/ delta
Batı Bengal	6,000,000	< 10-3200	Benzer ortam
Vietnam	> 1,000,000	1-3050	Doğal ; alluvial sedimentler
Tayland	15,000	1-5000	Antropojenik; madencilik
Tayvan	100,000-200,000	10-1820	Doğal;kıyı bölgeler
İç Mongolistan	100,000-600,000	< 1-2400	Doğal;allüvial ve göl Çökelleri.
Arjantin	2,000,000	< 1-9900	Doğal, lös ve volkanik kayalar sıcak su kaynakları
Şili	400,000	100-1000	Doğal ve antropojenik;volkanik sedimentler;kapalı havza sıcak su kaynakları,madencilik
Brezilya	400,000	0,4-350	Altın madenciliği
Meksika	400,000	8-620	Doğal ve antropojenik; volkanik sedimentler.madencilik
Almanya		10-150	Doğal;mineralize kumtaşı
Macaristan ve Romanya	400,000	< 2-176	Doğal; alluvial sedimentler
İspanya	>50,000	<1- 100	Doğal; alluvial sedimentler
İngiltere		<1 - 80	Madencilik;Gtneybatı İngiltere
Gana	< 100,000	<1-175	Antropojenik vedoğal,altın Madenciliği
B.Amerika ve Kanada		< 1- >100,000	Doğal ve antropojenik; madencilik, pestisitler,As2 O3 yığımları,sıcak su kaynakları, alluvial, kapalı havza gölleri, çeşitli kayalar

2. EMET (KÜTAHYA) İÇME SUYU KAYNAKLARINDA ARSENİK DÜZEYİ

Yurdumuzun en önemli bor rezervi ve işletmelerinden (konsantre kolemanit , 500,000 ton yıl .Rafine bor ; 100,000 ton yıl) birinin bulunduğu Emet'te ilçe merkezinin artan içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak üzere İller Bankası'na 2000 yılında nüfusun 20,000 kişi olacağı kabulü ile (23L/sn) su sağlanabilmesi için yapılan çalışmalar

sonucu Malı Deresi kaynakları 1994 yılında İller Bankası'na şebeke suyuna bağlanmıştır. Bu kaynak sulanında Bankaca 1993 yılına kadar yapılan bu çok analizlerde arsenik bulunmadığı lapı edilirken,1993-2001 yılları arasında aynı su kaynaklarında yapılan analiz sonuçlarına göre bulunan arsenik değerleri Çizelge 2 de topluca verilmiştir (Emet, 2001).

N. Oruc

Çizelge 2. Emet İçme Suyu Kaynaklarında Arsenik Düzeyi (mikrogram / L)

Kaynak	Minimum	Maksimum	Ortanca	Sınır Değeri
Malı 1.(n=8)	150	634	448	50 (1984)
Mah 2.(n=9)	48	633	384	10 (1977)

Çizelge 2 de verilen analiz sonuçları; Türk Standartlarında (TS-266/Haziran,1984) arsenik düzeyi için verilen 50 mikrogram/L'nin üzerindedir.Bu arada Dünya Sağlık Örgütü (WHO)ve bazı batı ülkelerinde olduğu gibi yurdumuzda da bu değer 10 mikrogram/L 'ye çekilmiştir.(Doğal, Kaynak, Maden ve İçme Sulan ile Tıbbi Suların İstihali, Ambalajlan ması ve Satışı Hakkında Yönetmelik -Resmi Gazete 18/10/1997, Sayı:23144).En son Ankara Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Laboratuvarında yapılan analizde Mah1, ve Malı2. su kaynaklarında arsenik düzeyi sırasıyla 462.4 mikrogram/L ve 401.6 mikrogram/L olarak verilmiştir (Rapor tarihi ve sayısı: 27/03/2002-176). İnsan sağlığı açısından çok önem taşıyan bu sorunun çözümü için ilgili Belediye ve diğer Kamu Kuruluşları arasında 10 yılı aşan karşılıklı resmi yazışmalar devam ederken olayın basına yansımaları (Hürriyet, 21/10/2001., Türkiye , 21/10/2001., Akşam, 25/10/2001) üzerine yaklaşık üç yıl önce bu suların tüketilmesi kaymakamlıkça yasaklanmıştır.

Emet ilçe merkezinde Aralık 2001 içerisinde yazar tarafından yapılan incelemede sağlık yetkilileri içme sulanındaki arsenik nedeniyle halk arasında herhangi bir şüpheli vakaya rastlamadıklarını söylemişlerdir. Ancak yurdumuzda asbest nedeniyle ortaya çıkan akciğer ve kanın zan kanserini (mezotelyoma)ilk defa araştıran Baş (2003) Emet'de Hisarcık Bor Rezervine çok yakın olan İğdeköy de yaptığı incelemede köyün eski içme suyundaki çok yüksek arsenik nedeniyle köy

halkında el ayası ve ayak tabanında ileri derecede deri bozukluktan (keratosis) olduğunu saptamıştır.

2.1. Kolemonit-Arsenik İlişkisi

Emet'de; Hamamköy, Hisarcık, Espey ve Killik lokasyonlarında görünür ve muhtemel bor rezervinin 110.000.000 ton civarında olduğunu Etibank 'a atfen kaydeden Helvacı ve Firman (1977),aynca Emet vadisinde bor yatakları ilk defa inceleyen 'Özpeker' e atfen de Hisarcık bölgesinde realgar ve orpiment minerallerinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Emet bölgesi bor yatakları üzerinde çok detaylı jeokimyasal araştırmalar yapan Helvacıya (1984)göre, bor, arsenik ve kükürt elementlerinin kaynağı büyük bir olasılıkla;

- Akarsular tarafından borat havzasından taşınan tersiyer volkanik kayaların ayrışma ürünleri,
- Volkanik küllerin doğrudan doğruya borat havzasına depolanması ve
- Termal kaynaklar ile ilgili bulunmaktadır.

Yine Helvacıya göre (1986) Emet tortullarında tüfler, tüffitler ve killer arasında tam bir geçiş yer almakta olup bu durum bunların jeokimyasına da yansımıştır. Bütün bu tüfler, tüffitler, killer ve kireç taşları bağli olarak yüksek bor , arsenik, kükürt ve stromiyum konsantrasyonları ve yüksek: Fe2O3 oranları ile simgelenmektedir. Bor yataklarından alınan tüf ve kil örneklerindeki arsenik dağılımı Çizelge 3' te verilmiştir (Helvacı, 1986).

Çizelge 3. Tüf ve Kil Örneklerinde Arsenik Düzeyi (ppm).

Örnek	Minimum	Maksimum	Ortalama	Değişim	Standart Sapma
Tüf(n=8)	436	4572	1507	4136	1495
Kil (n=7)	237	19487	2791	19250	6281

Bor yataklarında değişik düzeylerde Mg, Sr ve As bulunduğunu kaydeden Helvacı ve Orti (1998) realgar ve orpiment minerallerini oluşturan arsenik ve kükürtün volkanik orijinli olma olasılığını yeniden vurgulamışlardır. Emet kolemanit yatakları arasında bulunan Hisarcık ve Espey bölgeleri cevherlerinin bilhassa arsenik içerikleri bakımından farklılık gösterdikleri ve genel olarak Hisarcık cevherlerinde 1000-3000 ppm., Espey cevherlerinde ise 600- 1000ppm arsenik bulunduğu rapor edilmiştir (Eti Bor,2001). İncelenen tüm bu bulguların ışığında Emet çevresindeki yağış havzasını oluşturan arsenikçe zengin jeolojik bir yapıdan süzülerek ortaya çıkan Malı1. ve Mah2. su kaynaklarında arsenik düzeyinin yüksek çıkmasında bölgenin jeokimyasının büyük ölçüde etkili olduğu varsayılmıştır. Dış satımlarda cevherdeki ve borik asitteki arsenik düzeyinin mümkün olduğu kadar (<50ppm) az olması istenmektedir. Bu nedenle de bor ve türevlerindeki arsenik derişirmnin istenilen değerlerin altına çekilmesi kırk yıl kadar önce gündeme gelmiş ve Emet'den alınan tüvenan cevherde değişik üniversitelerce bazı araştırmalar yapılmıştır (Çakaloz ve ark., 1969; Kayadeniz ve ark., 1979; Atak ve ark., 1998; Savaş., 1998; Koca ve ark., 2003). Emet kolemanit yataklarının arsenikçe zengin olduğu özellikle 1990 yılı öncesi de bilindiği halde araştırmacı ve yatırımcı kuruluşlar arasındaki iletişim noksanlığı ! nedeniyle, 1990 yılı başlarında arsenikçe zengin kaynak sularının Emet İlçe Merkezine getirilmiş olması çok düşündürücü bir olaydır. İçme sularından arsenik giderilmesi için önerilen metodlar : a) Demir ve alüminyum bileşikleri ile adsorbsiyon- çökelme, b) Aktif alüminyum, aktif karbon ve aktif boksit tarafından adsorblanma, c) Ters ozmos ve d) İyon değişimi şeklinde özetlenebilir (Viraraghavan ve ark., 1999; Gregor, 2001; Katsoyiannis ve ark., 2002; Chakravarty ve ark., 2002). Bu arada B. Amerika Çevre Koruma Teşkilatının (EPA) içme sulannda izin verilen arsenik düzeyini 50 mikrogram/L'den 10 mikrogram/L'ye indirme karar bazı tartışmalara neden olmuştur. Burnet ve Hahn'a (2001) göre insanlar için çok az düzeylerde gerekli olabileceği düşünülen arsenik, ancak içme sulan ile yüksek dozda ve uzun sürelerde alındığında kansere neden olabilmektedir. Bu uygulamanın; arsenik düzeyini %80 oranında azaltmak için öngörülen teknik yatırımların diğer sağlık hizmetlerinden yapılacak kesintilerle karşılanması nedeniyle fayda maliyet açısından ekonomik olamayacağı ileri sürülmüştür.

3. ÖNERİLER

1. Emet ve çevresindeki köyler de dahil tüm yerleşim birimlerindeki içme, kullanma ve sulama sulannda ve yörede yetiştirilen tarımsal ürünlerde As, B, Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Ce, Pb, Th ve U gibi sağlık açısından önem taşıyan elementlerin analizleri yapılmalıdır.
2. Emet İlçe Merkezine en kısa zamanda sağlıklı içme suyu getirilmelidir.
3. Emet ilçe ve köylerinde detaylı sağlık taraması yapılmalıdır.

Not: Emet ve çevresinde 25-27/06/2004 tarihleri arasında Eskişehir OGÜ Jeoloji Müh. Böl. Bask. Prof. Dr. Kadir Sarıöz'in de katılımı ile yapılan incelemede Emet Belediye Başkanı Cemal Öztürk Köprücek mevkiinde DSİ tarafından açılan sondaj kuyusunda bulunan sağlıklı suyun ilçe merkezine getirilmesi için gerekli çalışmalara başlandığını bildirmiştir.

Teşekkür: Emet - Bor yatakları üzerindeki araştırmalarından geniş ölçüde yararlanmamı sağlayan Sn. Prof. Dr. Cahit HELVACI'ya ve hazırladıkları raporları değerlendirme izni veren İller Bankası ve Emet Belediyesine teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Anawar, H. M., Akai, J., Mostafa, K. G. M., Safiullah, S., Tareq, S. M. 2002. Arsenic Poisoning in Groundwater, Health Risk and Geochemical Sources in Bangladesh. Environment International, 27:597-604.
- Arsenic. 1981. Environmental Health Criteria, 18. WHO, Geneva.
- Aydın, A. O., Gülensoy, H., Akıcıoğlu, A. , Sakarya, A. 2002. Kolemanitlerdeki Arseniğin Borik Asit ve Boraks Üretimine Etkisi, Bor Sempozyumu, Balıkesir Üni., 20-22 Haziran.
- Banş, İ. 2003. İğdeliköy / Emet-Kütahya Araştırması, Aspet'ten Sonra Arsenik, Anadolu'nun Bitmeyen Akciğer ve Kannan

N Oruç

- Kanseri Çilesi, Bilimsel Tıp Yayınevi, s:72-80, Bükreş Sok. No:3/20 Kavaklıdere/Ankara.
- Burnet, J. K., Hahn, R. W. 2001. EPA's Arsenic Rule: The Benefits of the Standard Do Not Justify the Costs. Joint Centre, AEI-Brookings Joint Center for Regulation Studies, Harvard Uni. May.
- Chakravarty, S., Dureja, V., Bhattacharyya, G., Maity, S., Bhattacharjee, S. 2000. Removal of Arsenic from Groundwater Using Low Cost Ferruginous Manganese Ore, Water Research, 36, 625-632
- Çakaloğlu, T., Tan, E., Anıut, D. 1969. Kolemanit Cevherinden Arsenik Ayrılması, Tübitak, MAG-158
- Eti Bor A.Ş. 2001. Emet Bor İşletme Müdürlüğü Brifing Notu.
- Emet (Kütahya) İçme Suyu Tesisi, 2001. İçme Suyu Kaynaklarının Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi, İller Bankası Genel Müdürlüğü, 4 (Eskişehir) Bölge Müdürlüğü, Ekim.
- Farias, S. S., Casa, V. A., Vasquez, C., Ferpozzi, L., Pucci, G. N., Cohen, I. M., 2003. Natural Contamination with Arsenic and Other Trace Elements in Ground Waters of Argentina Pampean Plain, The Science of the Total Environment, 309, 187-199.
- Gregor, J. 2001. Arsenic Removal During Conventional Aluminium Based Drinking Water Treatment, Wat. Res. Vol.35, No:7, pp.1659-1664.
- Helvacı, C., Firman, R. J. 1977. Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi Jeoloji Mühendisliği, sayı:2, Haziran.
- Helvacı, C. 1984. Occurrence of Rare Borate Minerals: Veatchite-A, Tunelite, Teruggite and Cahnite in the Emet Borate Deposits. Turkey, Mineralium Deposita, 19, 217-226.
- Helvacı, C. 1986. Stratigraphie and Structural Evaluation of the Emet Borate Deposits, Western Anatolia. Dokuze Yılı Uni. Faculty of Engineering and Architecture, Research Papers: MM/JEO-86 AR.008.
- Helvacı, C., Orti, F. 1998. Sedimentology and Diagenesis of Miocene Colemanite-Ulexite Deposits (Western Anatolia, Turkey). J. of Sedimentary Research, Vol.68, No:5, p.1021-1033.
- Karagölge, Z., Alkan, M. 2002. Arsenikli * Colemanit Cevherlerinden Köpük Flotasyon ile Arsenik Giderimi, Bor Sempozyumu, Balıkesir Üni. 20-22 Haziran, Balıkesir.
- Karim, M. 2000. Arsenic in Groundwater and Health Problems in Bangladesh, Wat. Res. Vol.34, No.1, pp.304-310.
- Kayadeniz, İ., Gülensoy, H., Yusufoglu, İ. 1979. Arsenikli Kolemanit Cevherlerindeki Arseniğin Vakum Kalsinasyon Yöntemi ile Giderilmesi, Tübitak, MAG, Proje No:498.
- Koca, S., Savaş, M. 1998. Zeta Potentials of Colemanite and Realgar, Innovations in Mineral and Coal Processing, Atak, Önal and Çelik (eds.) Balkema Rotterdam, p.205-209.
- Koca, S., Savaş, M., Koca, H. 2003. Flotation of Colemanite from Realgar, Minerals Engineering, 16, 479-482.
- Katsoyiannis, I., Zouboulis, A., Althoff, H., Bartel, H., 2002. As(U) Removal from Groundwaters Using Fixed-bed Upflow Bioreactors, Chemosphere, 47, 325-332.
- Mazumder, D. N. G., Haque, R., Ghosh, N., De. B. K., Santra, A., Chakraborty, D., Smith, A. H. 1998. Arsenic Levels in Drinking Water and the Prevalence of Skin Lesions in West Bengal, India, Int. J. of Epidemiology, 27, 871-877.
- Mazumder, D. N. G. 2003. Chronic Arsenic Toxicity: Clinical Features, Epidemiology, and Treatment: Experience in West Bengal, J. of Environmental Sci. and Health, Vol. A38, No: 1 pp.141-163.

- Nordstrom, D. K. 2003. Worldwide Occurrences of Arsenic in Ground Water, Science, Vol. 296, 21 June.
- Saha, K. C. 2003. Diagnosis of Arsenicosis, J.of Environmental Sei. and Health, Vol.A38, No.1., 255-272.
- Savaş, M., 2000. Kolemanit-Realgar Minerallerinin Yüzey Özellikleri ve Rotasyon Yöntemi ile Arseniğin Kolemanitten Ayrılması, OGÜ, Fen Bilimleri Enst. Maden Müh. ABD. Doktora Tezi, Eskişehir.
- Short Course on Medical Geology, Health and Environment. 2003. Dec. 1-4, Canberra, Australia, <http://www.medicalgeology.org>.
- Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K., Centeno, J. A. 2003. Carcinogenic and Sytemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure, A Critical Reviw, Toxicologic Pathology, 31:575-588.
- Tchounwou, P. B., Centeno, J. A., Patlolla, A. K. 2004. Arsenic Toxicity, Mutagenesis, and Carcinogenesis- A Health Risk Assesment and Management Approach, Molecular and Cellular Biochemistry, 255:47-55.
- Yang, C. Y., Chang, C. C, Tsai, S. S., Chung, H. Y., Ho, C. K., Wu, T. N. 2003. Arsenic in Drinking Water and Adverse Pregnancy Outcome in an Arseniasis-Endemic Area in Northeastern Taiwan, Environmental Research, 91,29-34.
- Zhang, H., Ma, D., Hu, X., 2002. Arsenic Pollution in Groundwater from Hetao Area, China, Environmental Geology, 41 :638-643.

